

1. JP 07-502938 A (D1)
2. Patent family member WO 92/10343 A1 (R1)

Note:

Examiner's findings on page 5, left-below column, lines 1-10, of D1 are corresponding to the descriptions on page 17, line 32 to page 18, line 18 of R1.

1. JP 07-502938 A (D1)
2. Patent family member WO 92/10343 A1 (R1)

Note:

Examiner's findings on page 5, left-below column, lines 1-10, of D1 are corresponding to the descriptions on page 17, line 32 to page 18, line 18 of R1.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平7-502938

第2部門第4区分

(43)公表日 平成7年(1995)3月30日

(51)Int.Cl.⁸
B 2 9 C 67/00識別記号 庁内整理番号
2126-4F

F I

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-502867
 (86)(22)出願日 平成3年(1991)12月6日
 (85)翻訳文提出日 平成5年(1993)6月7日
 (86)国際出願番号 PCT/US91/09313
 (87)国際公開番号 WO92/10343
 (87)国際公開日 平成4年(1992)6月25日
 (31)優先権主張番号 624, 419
 (32)優先日 1990年12月7日
 (33)優先権主張国 米国 (US)
 (81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LU, MC, NL, SE), AU, BG, BR, CA, CS, FI, HU, JP, KP, KR, MN, NO, PL, RO, SU

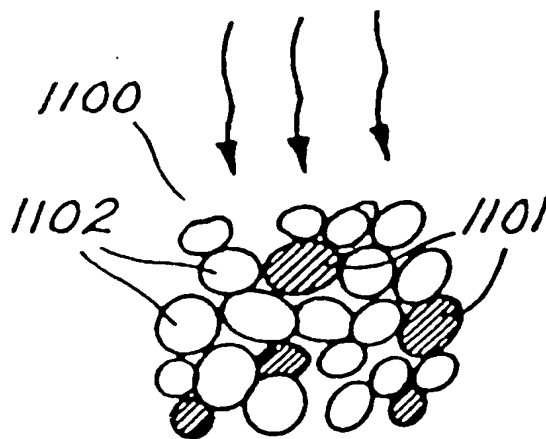
(71)出願人 ボード・オブ・リージェンツ、ザ・ユニバーシティ・オブ・テキサス・システム
 アメリカ合衆国テキサス州78701, オースティン, ウェスト・セブンス・ストリート 201
 (72)発明者 ボーレル, デヴィッド・エル
 アメリカ合衆国テキサス州78749, オースティン, ウルフ・ラン 5403
 (72)発明者 マーカス, ハリス・エル
 アメリカ合衆国テキサス州78759, オースティン, ハイリッジ 4102
 (74)代理人 弁理士 湯浅 恭三 (外5名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 前駆物質粉末の化合物形成による部品の製造

(57)【要約】

粉末の層を選択的に焼結させて複数の焼結層からなる部品を製造するための方法および装置。この装置は、レーザーエネルギーを粉末上へ方向づけて焼結素材を製造すべくレーザーを制御するコンピュータを含む。このコンピュータは部品の目的とする断面領域の境界を決定するか、またはそれにつきプログラムされている。各断面につき、レーザービームの照準が粉末層上を走査され、断面の境界内の粉末のみを焼結させるべくビームがスイッチオンされる。完成部品が成形されるまで、粉末が付与され、層が順次焼結される。好ましくは粉末は、異なる解離または結合温度を有する複数の材料からなる。粉末は、好ましくはブレンドまたは被覆された材料からなり、これには照射位置において塊状となり、レーザーの熱エネルギーのため、または後続の加熱処理において反応して、前駆物質と異なる特性を備えた化合物を形成する前駆物質が含まれる。1または2以上の前駆物質のものより著しく高い融点を有する化合物が形成される例が開示される。



請求の範囲

1. 部品の製造方法において、
粉末をターゲット表面に堆積させ、該粉末は第1および第2材料からなり、
部品の断面領域を定めるべく選ばれた部分の粉末を加熱し；そして
部品の該断面領域内の第1および第2材料を反応させて、第1および第2材料の化合物を形成することを含む方法。
2. 加熱工程が粉末を第1材料の融点と第2材料の融点の間の温度に加熱するものである、請求の範囲第1項に記載の方法。
3. 該化合物の融点が第1材料の融点より高い、請求の範囲第2項に記載の方法。
4. 該化合物の融点が、選ばれた部分の粉末を加熱工程において加熱する温度より高い、請求の範囲第3項に記載の方法。
5. さらに
加熱工程後に第2層の粉末を堆積させ；そして
部品の第2断面領域を定めるべく選ばれた部分の第2層の粉末を加熱することを含む、請求の範囲第1項に記載の方法。
6. 反応工程が、
第2層の粉末を加熱する工程ののち、部品の定められた断面内に含まれない部分の粉末を除去し；そして
除去工程後に部品を加熱することよりなる、請求の範囲第1項に記載の方法。
7. 反応工程が加熱工程の間で行われる、請求の範囲第1項に記載の方法。
8. 加熱工程が、
選ばれた部分の粉末にエネルギービームを指し向けることよりなる、請求の範囲第1項に記載の方法。
9. 指し向け工程が、
選ばれた部分の粉末にレーザービームを指し向ける

- 第2層の粉末を加熱する工程ののち、部品の定められた断面内に含まれない部分の粉末を除去し；そして
除去工程後に部品を加熱することよりなる、請求の範囲第18項に記載の部品。
21. 反応工程が加熱工程の間で行われる、請求の範囲第18項に記載の部品。
 22. 第1および第2材料が金属である、請求の範囲第18項に記載の部品。
 23. 該化合物が第1材料の融点より高い融点を有する金属間化合物である、請求の範囲第22項に記載の部品。
 24. 第1および第2材料がセラミックスである、請求の範囲第18項に記載の部品。

ことよりなる、請求の範囲第8項に記載の方法。

10. 第1材料がスズよりなる、請求の範囲第1項に記載の方法。
11. 第2材料がニッケルよりなる、請求の範囲第10項に記載の方法。
12. 第2材料がニッケルよりなる、請求の範囲第1項に記載の方法。
13. 第1材料がアルミニウムよりなる、請求の範囲第12項に記載の方法。
14. 第1および第2材料が金属である、請求の範囲第1項に記載の方法。
15. 第1および第2材料がセラミックスである、請求の範囲第1項に記載の方法。
16. 反応工程により形成される化合物が安定な化合物である、請求の範囲第1項に記載の方法。
17. 反応工程により形成される化合物が不安定な化合物である、請求の範囲第1項に記載の方法。
18. 粉末をターゲット表面に堆積させ、該粉末は第1および第2材料からなり、
部品の断面領域を定めるべく選ばれた部分の粉末を加熱し；そして
部品の該断面領域内の第1および第2材料を反応させて、第1および第2材料の化合物を形成する
工程を含む方法により製造された部品。
19. 加熱工程が粉末を第1材料の融点と第2材料の融点の間の温度に加熱するものであり、
かつ該化合物の融点が、選ばれた部分の粉末を加熱工程において加熱する温度より高い
請求の範囲第18項に記載の部品。
20. 該方法がさらに
加熱工程後に第2層の粉末を堆積させ；そして
部品の第2断面領域を定めるべく選ばれた部分の第2層の粉末を加熱することを含み、
かつ反応工程が、

明細書

前駆物質粉末の化合物形成による部品の製造

本発明は、粉末を選択的に焼結させて部品を製造するために有向エネルギービーム (directed energy beam) を用いる方法および装置に関するものである。特に本発明は、複数の粉末層を順次焼結させて目的部品を積層方式で (layer-by-layer fashion) 形成する、コンピューター管理レーザー装置に関するものである。本発明は特に粉末が2以上の結合温度または解離温度を有する、複数の材料からなる粉末を対象とする。

発明の背景

通常の部品製造法に伴う経済性は、一般に製造される部品の量および最終部品の目的とする材料特性に直接関係する。たとえば大規模製造法によるキャスティングおよび押出し法は経済的に有効である場合が多いが、これらの製造法は少量品、たとえば交換部品または原型品の製造には一般に受け入れられない。このような一般的な部品製造法の多くは高価な部品固有の成形用具を必要とする。粉末冶金法ですら粉末を成形するためのダイを必要とし、これは粉末冶金法を少数の部品の製造法としては魅力がないものにしていく。

少数の部品が必要であるにすぎない場合、通常は目的部品を製造するために減法式 (subtractive) 機械加工法を伴う一般的製造法が用いられる。このような減法式方法においては、材料の出発ブロックから材料を切削除去して、より複雑な造形品を製造する。減法式機械工具法の例には、フライス削り、孔あけ、研削、旋盤切断、炭切断、放電機械などが含まれる。これらの一般的な機械工具による減法式方法は、通常は目的部品の製造に有効であるが、それらは多くの点で欠陥がある。

第1に、それらの一般的な機械工具による減法式方法は廃棄される大量の屑材料を生じる。さらにそれらの機械工具法は、通常は適切な機械加工プロトコールおよび工具を設置するために多大な設備費を伴う。そのため、設置時期は経費がかかるだけでなく、人間の判断および専門知識に大幅に依存する。これらの問題

はもちろん、少数の部品を製造したいにすぎない場合は悪化する。

これらの一般機械加工法に伴う他の観点、工具の摩耗に関するものである。これは交換経費に伴うだけでなく、工具の摩耗に伴って機械加工の精度も低下する。一般機械加工法により製造された部品の精度および許容差に対する他の限界は、個々の機械工具に固有の許容限界である。たとえば一般的なフライス盤または旋盤においては、親ねじおよび動面 (way) はある許容差にまで加工され、これがその機械工具により部品を加工する際に得られる許容差を制限する。もちろん得られる許容差は機械工具の老化と共に低下する。

これらの一般的な機械工具による減法式方法に伴う最後の観点は、多数の部品形状を作成するのが困難または不可能なことである。すなわち一般的な機械加工法は通常は対称的な部品、および外側部分のみが機械加工される部品の製造に最適である。しかし目的部品が普通の形状でないか、または内部造作を含む場合、機械加工はより困難になり、製造のために部品をセグメントに分割しなければならぬ場合が極めて多い。多くの場合、その部品に対する工具の配置に課された制限のため、特定の部品形状は不可能である。たとえば切削工具の寸法および形状では、目的とする形状のものを製造するためにその工具を到達させることができない。

加法的である他の機械加工法があり、たとえばめっき法、クラッド法およびある種の溶接法は出発支持材に材料が付加されるという点で加法的である。近年、出発物品に材料を被覆または付着させるためにレーザービームを利用する他の加法的機械加工法が開発された。一例には、米国特許第 4, 117, 302; 4, 474, 861; 4, 300, 474 および 4, 323, 756 号明細書が含まれる。これらの最近のレーザーの利用は主として予め機械加工された物品に被覆を付加することに限定されている。しばしばそれらのレーザー被覆法は、このような被覆法によってのみ得られる特定の冶金学的特性の達成に用いられている。一般にそれらのレーザー被覆法においては、被覆材料を物品に吹き付けながら出発物品を回転させ、レーザーは固定された位置に向けられ、これによりレーザーが被覆を物品上に融着させる。

とである。

本発明の他の目的は、化学反応を起こさせる後処理を含む方法を提供することである。

本発明の他の目的および利点は以下の詳述を図面と共に参照することにより当業者に明らかになるであろう。

発明の概要

以上に概説した問題は、本発明の方法および装置によって大幅に解決される。本発明は有向エネルギービーム—たとえばレーザー—を含むものであり、ほとんどすべての三次元部品の製造に利用しうる。本発明方法は加法式方法であり、粉末がターゲット領域内へ計量分配され、ここでレーザーが選択的に粉末を焼結させて焼結層を形成する。本発明は、完成部品が形成されるまで層を互いに結合させる積層式方法である。本発明方法は特定の種類の粉末に限定されるものではなく、プラスチック、金属、ポリマー、セラミック、ろう、半導体もしくは非晶質粉末または複合材料粉末に適用しうる。

おおまかには本発明の装置には、部品が製造されるターゲット領域にビームを放出するための選択性を有するレーザーその他の有向エネルギー源が含まれる。粉末計量分配システムが粉末をターゲット領域内へ堆積させる。レーザー制御機構が作動してレーザービームの照準を移動させ、レーザーを調整させて、ターゲット領域内へ堆積した粉末の層を選択的に焼結させる。制御機構は、定められた境界内に分配された粉末のみを選択的に焼結させて部品の目的層を形成すべく作動する。制御機構は、粉末の層を順次選択的に焼結させて互いに焼結した複数の層からなる完成部品を製造すべくレーザーを操作する。各層の定められた境界は部品の各断面領域に対応する。好ましくは制御機構は各層につき定められた境界を決定するためのコンピューター—たとえばCAD/CAMシステム—を含む。すなわち全体的な寸法および形状が与えられるとコンピューターが各層につき定められた境界を決定し、この定められた境界に従ってレーザー制御機構を操作する。あるいはコンピューターを各層の定められた境界につき最初にプログラムしておくことができる。

米国特許第 4, 944, 817、4, 864, 538、4, 938, 816 号および国際特許出願公開第 88/02677 号 (1988 年 4 月 21 日公開) 明細書—この言及によりこれらすべてがここに引用される—には、各種の減法式および加法式方法がもつ上記制限をもたない CAD データベースから直接に複雑な部品を製造する方法が記載されている；これらの新規方法は“選択的ビーム焼結法”または“選択的レーザー焼結法”と呼ばれるであろう。選択的レーザー焼結法は部品の原型を作成するのに特に有利であり、それらの部品を次いでインベストメント鋳造法により、または成形用金を用いて大量生産することができる。

選択的ビーム焼結法を、後続の大規模生産部品の原型を製造するためだけでなく、実際に機械において用いるのに適した部品を製造するためにも利用することが望ましい。このような実用性のある部品は、その部品およびそれが組み込まれるシステムの構造デザインを試験するために有用な原型でもある；さらに最終装置製品において使用しうる部品を製造することが望ましい。

実際に使用するための部品の材料は、その用途の機械的および温度的な応力要求条件を満たすのに十分な強度およびインテグリティのものでなければならぬ。従って選択的ビーム焼結法により金属間化合物 (intermetallic) およびセラミック (ガラスを含む) の部品を作成することが望ましい。しかし多くの望ましい金属およびセラミックの粉末は、有向エネルギービーム、たとえばレーザービームによる選択的焼結または熔融を現時点では容易には達成し得ないほど高い焼結または熔融温度を有する。

従って本発明の目的は、複数の材料粉末の選ばれた部分にエネルギーを付与することによる部品の製造法を提供することであり、その際製造された部品の材料の特性は粉末中の材料のものとは異なる。

本発明の他の目的は、製造される部品の熔融温度は有向ビームが粉末に付与する温度より高いものである方法を提供することである。

本発明の他の目的は、用いられる材料が金属またはセラミックである方法を提供することである。

本発明の他の目的は、部品の材料が粉末成分の化合物である方法を提供することである。

好ましい形態においては、レーザー制御機構はレーザービームをターゲット領域に指し向けるための機構、およびレーザービームをオン・オフ変調させてターゲット領域内の粉末を選択的に焼結させるための機構を含む。1 形態においては、この指し向け機構 (directing mechanism) はレーザービームの照準をターゲット領域の連続ラスタースキャンにより移動させるべく作動する。変調機構は、レーザービームの照準が各層につき定められた境界内にある時にのみ粉末が焼結されるようにレーザービームをオン・オフ操作する。あるいは指し向け機構はレーザービームをその層につき定められた境界内内のみ照準させ、これによりその層につき定められた境界内にある粉末を焼結させるべくレーザービームを連続的にオンにしておくことができる。

好ましい形態においては、指し向け機構が、検流計により駆動される一対のミラーを用いてターゲット領域の個々のラスタースキャンによりレーザービームを移動させる。第 1 ミラーはレーザービームを第 2 ミラーへ反射させ、これがビームをターゲット領域内へ反射させる。第 1 ミラーがその検流計によりシフト移動すると、レーザービームがターゲット領域内で一般に 1 方向に移動する。同様に、第 2 ミラーがその検流計によりシフト移動すると、レーザービームがターゲット領域内で一般に第 2 方向に移動する。好ましくは、これらのミラーは第 1 方向と第 2 方向が一般に互いに直角であるように相互に配向される。このような配列様式により、本発明の好ましい形態であるラスタースキャンを含めて、ターゲット領域内でのレーザービームの多数の異なる種類の走査パターンが可能となる。

本発明の部品製造法には、第 1 部分の粉末をターゲット表面上に堆積させ、有向エネルギービーム (好ましくはレーザー) の照準をターゲット表面上で走査させ、そして第 1 粉末部分の第 1 層をターゲット表面で焼結させる工程が含まれる。第 1 層は部品の第 1 断面領域に相当する。粉末はビームの照準が第 1 層を定める境界内にある時に有向エネルギー源を作動させることにより焼結される。第 2 部分の粉末を第 1 焼結層上に堆積させ、レーザービームの照準を第 1 焼結層上で走査させる。第 2 粉末部分の第 2 層はビームの照準が第 2 層を定める境界内にある時

に有向エネルギー源を作動させることにより焼結される。また第2層の焼結により第1層と第2層が結合して凝集素材 (cohesive mass) となる。後続部分の粉末が先に焼結した層上に堆積され、各層が順次焼結される。1形態においては、粉末がターゲット内へ連続的に堆積される。

好ましい形態においては、ビームの照準がその層の境界内に向けられている時にのみ粉末が焼結されるように、ラスタ走査に際してレーザービームがオン・オフ変調される。好ましくはレーザーはコンピューターにより制御される；コンピューターにはCAD/CAMシステムが含まれ、この場合コンピューターに製造すべき部品の全体的な寸法および形状が与えられ、コンピューターが部品の各断面領域の境界を決定する。この定められた境界を用いて、コンピューターは各層の焼結を部品の断面領域に対応して制御する。他の形態においては、コンピューターは単純に部品の各断面領域の境界につきプログラムされる。

さらに本発明の他の形態には、複数の材料からなり、それら複数の材料が2以上の解離温度を有する粉末が含まれる。本発明のさらに他の形態においては、粉末が複数の材料からなり、それら複数の材料が2以上の結合温度を有する。

本明細書全体において用いられる結合温度には溶融温度、軟化温度および結合温度が含まれるが、これらに限定されない。

本発明の好ましい形態すべてにおいて、複数の材料は少なくとも1種類の第2材料とブレンドした少なくとも1種類の第1材料、または少なくとも1種類の第2材料で被覆された少なくとも1種類の第1材料からなる。

以上の一般的記載から認められるように、本発明の方法および装置は既知の部品製造法に付随する問題の多くを解決する。第1に、本発明は原型部品の製造または限定された量の交換部品の製造に好適である。さらに本発明の方法および装置は、一般的な製造法によっては達成し得ない複雑な形状の部品を作成することができる。さらに本発明は、部品の製造に際して得られる許容差に対する制限因子としての工具の摩耗および機械の設計を排除する。最後にCAD/CAM環境に組み込まれた本発明の装置を用いると、多数の交換部品をコンピューター内にプログラムすることができ、ほとんど設定または人間の介入なしに容易に製造す

ることができる。

本発明による方法は、複数の材料粉末中の成分材料のものと異なる1または2以上の特性を備えた材料の部品を製造するために利用することもできる。複数材料粉末の個々の特定の位置に熱エネルギーを付与することにより、そのエネルギーを受けた位置の粉末において化学反応を生じ、安定または準安定な化合物を形成させることができる。この反応は有向エネルギーが付与されている際にかかるものであってもよく；あるいは有向エネルギーがその特定の位置において材料を溶融または焼結させて塊状となし、後続の熱処理により化学反応を起こさせることもできる。この化合物は粉末成分のいずれの特性とも異なる重要な特性、たとえばはるかに高い溶融温度を有しうる。その結果、他の場合には選択的なレーザーまたはビーム焼結を実施し得ない材料から部品を作成することができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の装置の模式図である；

図2は、本発明に従って製造される部品の層形成の一部を示す模式図であり、ターゲット領域内におけるレーザービームのラスタ走査パターンを表す；

図3は、本発明のコンピューター、レーザーおよび検流計間のインターフェースハードウェアを示すブロック図である；

図4は、本発明に従って製造される例示部品の透視図である；

図5は、図4に示した部品の一部を取り去ったファントム (phantom) 状の断面図である；

図6は、本発明に従ったデータ測定プログラムのフローチャートである；

図7は、図4の図7-7に沿って得た断面図である；

図8は、図7の層上におけるレーザーの単一掃引と本発明の制御信号との相関を線図の形で示したものである；

図9は、粉末状材料のブレンドを示す；

図10は、粉末状の被覆された材料を示す；

図11は、材料ブレンドについての焼結サイクルの一部を、現在理解されているものに従って示す；

図12は、焼結前の堆積した2種類の材料を示す；

図13および14は、本発明の別形態に使用しうる2元金属系の相図である。

好ましい形態の詳細な説明

図面を参照すると、図1は本発明による装置10をおおまかに示す。おおまかには装置10はレーザー12、粉末ディスペンサー14、およびレーザー制御手段16を含む。より詳細には、粉末ディスペンサー14は粉末22を受容するための、出口24を備えたホッパー20を含む。出口24は粉末をターゲット領域26—これは図1においては一般的に拘束構造 (confinement structure) 28により定められる—へ計量分配すべく配向される。もちろん粉末22を計量分配するためには多数の別形態がある。

レーザー12の構成部品は図1においては若干模式的に示され、これにはレーザーヘッド30、安全シャッター32、およびフロントミラーアセンブリ34が含まれる。用いるレーザーの種類は多数の因子に依存し、特に焼結すべき粉末22の種類に依存する。図1の形態においては、連続モードの100ワット最大アウトレット電力により連続またはパルスモードで作動しうるNd:YAGレーザー (レーザーノトリックス9500Q) を用いた。レーザー12のレーザービーム出力は波長約1060nmを有し、これは近赤外である。図1に示したレーザー12は、選択可能範囲約1-40キロヘルツの内部パルスレート発振器、および約6ナノ秒のパルス持続時間を含む。パルス型または連続型いずれのモードにおいても、一般に図1に矢印で示した通路に沿って走行するレーザービームを選択的に発生させるためにレーザー12をオン・オフ変調することができる。

レーザービームを収束させるために、図1に示すようにレーザービームの走行通路に沿って発散レンズ36および収散レンズ38が配置される。収散レンズ38を用いただけでは、収散レンズ38とレーザー12間の距離を変更することにより真の焦点の位置を制御することは必ずしも容易でない。レーザー12と収散レンズ38の間に配置された発散レンズ36は、発散レンズ36とレーザー12の間に虚焦点 (virtual focal point) を形成する。収散レンズ38と虚焦点の距離を変更することにより、真の焦点を収散レンズ38側の

レーザービーム走行通路に沿ってレーザー12から離れた方へ制御することができる。近年光学分野で多くの進歩があり、レーザービームを既知の位置に効果的に収束させる別法が多数得られることが認められている。

より詳細には、レーザー制御手段16はコンピューター40および走査システム42を含む。好ましい形態においては、コンピューター40はレーザー12を制御するためのマイクロプロセッサ、およびデータを作成するためのCAD/CAMシステムを含む。図1に示した形態においては、その初期属性 (primary attribute) にアクセス可能インターフェイスポート (accessible interface port) およびマスキング不能な割込み (nonmaskable interrupt) を生じるフラグライン (flag line) が含まれるパーソナルコンピューター (コモドル (Commodore) 64) を使用する。

図1に示すように、走査システム42はレーザービーム走行通路の方向を再指示するためのプリズム44を含む。もちろん装置10の物理的レイアウトは、レーザービームの走行通路を操作するためにプリズム44または複数のプリズム44が必要であるか否かを判定する際に最初に考慮すべきことである。走査システム42も、それぞれの検流計48、49により駆動される一対のミラー46、47を含む。検流計48、49はそれらの各ミラー46、47と対をなし、ミラー46、47を選択的に配向させる。検流計46、47はミラー46、47が公称上互いに直角に取り付けられるように、互いに直角に取り付けられる。開閉発生器駆動装置50は、レーザービーム (図1に矢印で示す) の照準をターゲット領域26内に制御しうるように、検流計48の移動を制御する (検流計49は検流計48の移動に連動する)。駆動装置50は、図1に示すようにコンピューター40に動作可能な状態で (operatively) 連結している。走査システム42として用いるために別の走査法を採用しうことは自明であろう。これには音響光学スキャナー、回転式多角ミラー、および共振ミラースキャナーが含まれる。

図面の図2を参照すると、部品52の一部が模式的に図示され、これは4層5

特表平7-502938 (6)

4-57を示す。図2において64と表示されたレーザービームの照準は66におけるようなスカー走査パターン状に指し向けられる。ここで用いる「照準」は方向を指示するあいまいな用語として用いられるが、レーザー12の発射状態は変えない。便宜上、軸68を高速度走査軸とみなし、一方では軸70を低速走査軸と呼ぶ。軸72は部品形成方向である。

図9および10を参照すると、それにより本発明を利用して部品を製造しうる複数の材料からなる粉末が図示される。簡略化のために、これらの図面には2種類の材料のみを示す。しかし当業者に自明のとおり、複数の材料が本発明の粉末を構成してもよい。

図9は第1材料901および第2材料902のブレンドを示す。これらの材料は一般的なブレンド法によるブレンドとして混合される。図10は材料1001で被覆された材料1002を示す。材料1002は一般的な被覆法により被覆される。

さらに当業者に自明のとおり、図10に示す被覆された材料をブレンドして、目的とする材料ミックスを調整することができる。

図11を参照すると、現在理解されているものとしての焼結サイクルの一部が示される。図11aは、焼結を生じうるエネルギーを付与する前の材料ブレンドを示す。好ましくは粉末素材1100を構成する材料は2以上の結合または解離温度を有する。図11bは、焼結を促進するのに十分なエネルギーを付与している際の粉末1100を示す。図11cは、材料1102より低い結合または解離温度を有する材料1101を示す。好ましい形態においては、低温相材料1101は材料1101の各粒子を囲む領域の粉末素材1100に溶浸する。溶浸を促進するために、追加の粉末成分をブレンドに添加することもできる。同様に溶浸および焼結過程を促進するために気相を用いることもできる。好ましくは目的外の気体を排除するために、または目的とする気体を導入するために、気相は不活性または活性のいずれであってもよい。図11cは、その作用(毛管作用を含むが、これに限定されない)により材料1101を粉末素材1100に溶浸させる潜在的メカニズムを示す。図11dは、本発明における焼結後の部品を示す。

ーをポリ(メチルメタクリレート)(PMA)ポリマーで被覆して粉末となすことができる。焼結によりPMAが流動して金属を結合させる。後処理であるアニーリングによってPMAが解離し、金属が焼結して、最終部品が得られるであろう。

この方式でセラミック材料を処理することもできる。たとえばフルオロリン酸塩ガラス粉末とアルミナ粉末の混合物は、焼結過程でガラスが軟化し、アルミナに溶浸するであろう。他の例においては、ケイ酸アルミニウム、シリカその他のセラミック粉末を多様な方法でポリマーにより被覆することができ、これには噴霧乾燥法および溶剤被覆法が含まれる。被覆前に界面活性剤を用いてセラミック粉末を予備処理することができる。この物質はポリマーによるセラミックのぬれ、およびポリマーへのセラミックの付着を促進することが知られている。有機シラン化学その他の化学に基づくものであってよい。熱可塑性または熱硬化性いずれであっても、セラミック上に被覆しうるポリマーはすべて結合剤として使用しうる。一般的材料にはPMA、ポリスチレン、各種エポキシ樹脂配合物およびフェノール樹脂が含まれる。

粉末中の少なくとも1種の材料が粉末中の他の材料に対比して低い結合または解離温度を有する材料の組み合わせはいずれも、本発明による部品の製造が可能であり、これには金属、セラミックスおよびポリマーが含まれるが、これらに限定されない。

本発明の他の好ましい形態においては、一般的な加熱手段により粉末素材の温度を高めることができ、これによりエネルギービームは単にエネルギーをわずかに高めるだけで粉末の素材の1つを結合または解離させることができる。

粉末を構成する材料は、各材料のレーザービーム(図11aおよび11bにおいて矢印で表す)からのエネルギーの選択的吸収につき選ぶことができる。図11に示す好ましい形態においては、矢印で表される付与されたビームのエネルギーを材料1101が吸収し、一方、素材1102はこれより少ないエネルギーを吸収し、これにより素材1102が結合または解離する前に素材1101が結合または解離しうる。このエネルギー吸収は材料もしくはレーザービーム波

長焼結過程で得られる温度より高い結合または解離温度を有する材料を選ぶことができるので、より高い結合または解離温度を有する材料は焼結する必要はなく、その元の構造を維持しうる。特に結晶質材料については、これにより本発明の選択的ビーム焼結法におけるエпитキシャル生長を制御することができる。たとえば、より高い結合または解離温度を有する材料が好ましくは先行する層からのエピタキシャル生長をもたらす可能性のある特定の構造内に配置された場合、より低い結合または解離温度を有する材料を結合または解離させるだけで、より高温の材料はその構造を維持しうる。

粉末として選ばれる材料の選択によって広範な焼結材料を得ることができる。たとえば導電性材料を好ましくは絶縁性ポリマー材料で被覆して、粉末を調整する。次いでこの粉末をターゲット領域に分布させる。材料を好ましくは焼結させ、のちに絶縁材を常法(化学的方法が含まれるが、これに限定されない)により除去して、導電性の焼結製品を得ることができる。

他の例としては、極度に硬質の材料を本発明により製造することができる。たとえばそれらの極度な硬度のため成形または研削するのが困難である炭化タングステン/コバルト工具が、炭化タングステン材料をコバルトで被覆して粉末を調整することにより、または炭化タングステンおよびコバルトをブレンドして粉末を調整することにより製造される。焼結に際して、付与されたエネルギービーム下で好ましくはコバルトが溶融し、炭化タングステンへの局所溶浸を生じる。製造された部品は、好ましくは二次処理-アニーリングが含まれるが、これに限定されない-後に使用可能な状態となる。

さらに他の例としては、銅およびスズを粉末状で混合することができる。銅より低い溶融温度を有するスズが焼結に際して銅に溶浸するであろう。

本発明により製造された部品に二次加工を施すこともできる。たとえばスズを焼結に際して溶融させて銅に溶浸させる場合、後処理であるアニーリングによって固体状態でスズが銅に溶解し、最小の容量変化またはゆがみにおいて貴金属が形成されるであろう。

さらに他の例としては、金属-鉄または鋼が含まれるが、これに限定されない

長のいずれか、または両者の選択により、多数の組み合わせにおいて達成することができる。

本発明の他の別形態においては、選ばれた部分の粉末に対する有向エネルギービームの付与を利用して、粉末中の構成材料の化学反応を行うことができる。この形態においては、粉末は形成すべき化合物の複数の前駆物質、たとえば元素の混合物または合金粉末を含有する。この選択的レーザー焼結法における有向エネルギービームのエネルギーにより、その有向ビームが照射された位置の各粉末層に素材が形成される。部品は、前記のように粉末をターゲット表面に配置し、層の選ばれた部分を選択的にレーザー焼結または結合させ、積層方式で部品を成形する積層法により形成される。この過程が完了した時点で、有向エネルギービームで照射されなかった部分の粉末は前記のように除去される。

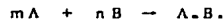
レーザー照射中、または選択的レーザー焼結後のアニーリングに際して、照射された位置の前駆物質が相互拡散し、化学反応に基づく新たな相の材料が得られる。この新たな相は、好ましくは前駆物質のいずれとも有意に異なる特性を備えている；これらの異なる特性の例には物理的、機械的、摩擦的または電気的特性が含まれる。

たとえばその意図する用途において高温を受けるはずの部品は、好ましくは高融点材料で作成される。しかし高融点粉末は、粉末を溶融または焼結させて素材となすにはレーザーパワーが一般に不十分であるため、選択的レーザー焼結法に用いるのには不適当である。本発明のこの形態によれば、それから部品を製造すべき高融点材料は前駆物質の配合物であり、それらのうちの1種が比較的低い融点を有する。

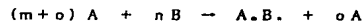
たとえば高融点を有する化合物A・Bを選ぶことができ、その融点成分AおよびBは混合粉末状で存在しうる。化合物の成分に若干の固溶性がある系-その場合mおよびnは整数ではない-についてもこの方法を適用しうることに注目すべきである。化合物A・Bの選択に際しては、ある種の考慮が重要である。第1に、レーザー(または他の有向エネルギービーム)のパワー性能が、低い方の融点を有する材料を溶融させることができ、一方では高い方の融点を有する材料

を溶融させないものとなるように、少なくとも2種の前駆物質元素AおよびBの融点に有意差がなければならない。レーザーは低融点粉末を溶融させるために要求される熱的パワーをすべて供給する必要はないことを留意すべきである；粉末の周囲温度を低い方の融点付近に維持することができ、従ってレーザーパワーは照射位置の低融点前駆物質を溶融させるのに十分であり、ただし非照射位置のものは溶融させないものである。第2に、目的特性（たとえば高い融点）を備えた、前駆物質の化合物A・Bが存在しなければならない。第3に、時間的に有効な様式で化学反応を実施しうするために、反応速度を制限する前駆物質種が他の前駆物質種中および上記化合物中への高い化学拡散性を備えていることが望ましい。第4に、全体種のうち低融点前駆物質の体積分率が有意であり、好ましくは25-75%であって、溶融前駆物質が非溶融前駆物質に十分に溶浸して高密度部品が得られることが望ましい。

一般に本発明のこの形態による単相二元化合物A・Bは下記の反応により得られる：



あるいは成分である前駆物質の1種を過剰量用いて、2相生成物を得ることができる。たとえば過剰量の前駆物質Aを用いると、下記の反応が起こる：



ある系につき2種の化合物が存在する場合、粉末中の前駆物質の量を適切に制御することにより下記の反応に従って2化合物相を含む生成物を製造しうる：

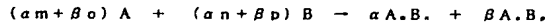


図13は、本発明のこの形態により形成しうる二元化合物の第1の好ましい例

についての相図である。図13の相図はニッケルおよびスズの各種混合物の融点を示す。元素状のニッケルとスズの融点はかなり大幅に異なり、元素状スズの融点が231.8℃であることを留意すべきである。高い融点を有するニッケルとスズの金属間化合物が存在することも留意すべきである；たとえばNi₃Sn₂の融点は1260℃のオーダーである。

本発明のこの形態によれば、選択的なレーザー焼結を受ける粉末にはニッケルとスズの混合物が含まれ、この混合物は好ましくはほぼ40%ニッケルおよび60%スズ（原子%）を含有する。前記の様式で、積層式選択的レーザー焼結法により部品を成形する。好ましくは25ワット以上のオーダーの電力を有する一般のレーザー、たとえばCO₂またはYAGレーザーが有向エネルギービームを供給する。選択的レーザー焼結に際して、粉末は好ましくは非酸化性雰囲気、たとえば窒素中に置かれるか；またはニッケルおよびスズ粉末をフラックス、たとえば塩化亜鉛で被覆することにより粉末の酸化を抑制することができる。同様に選択的レーザー焼結に際して、粉末の周囲温度をたとえば190℃のオーダーの温度に高めることが好ましい。これらの条件によりスズが溶融し、ほぼ前記の図11cに示した様式でニッケルの粉末粒子に溶浸する。層が冷却した時点で（溶融部分から遠ざかるレーザービームの運動と共に開始する）、スズは再凝固し、再凝固したスズ内におけるニッケル粉末粒子の固体素材が形成される。次いで、目的部品が作成されるまで後続の層が同様に加工される。後続層内のスズの溶融にはその部品断面を先行層の断面に結合させる作用があり、従って凝集素材が積層方式で形成されることに注目すべきである。

部品が成形されたのち、素材は非溶融粉末を除去した際にその形状を維持するのに十分な構造安全性を有する。次いで部品を、たとえば850℃で8時間、好ましくは不活性雰囲気中でアニーリングする。このアニーリングに際してニッケルおよびスズ原子が相互に拡散し、化学的に反応して金属間化合物Ni₃Sn₂を形成する。アニーリングの初期段階でスズの融点を越える温度において、スズの再溶融により部品の未処理強度の損失が起こる可能性がある。アルミナなどの材料で作成された型で部品を包むことにより、部品はこのアニーリングに際してそ

の形状を維持することができる。あるいは、金属間化合物の形成が開始するのに十分な期間の低温（たとえばスズの融点より低い）アニーリングから開始し、続いてより急速に処理を完了するための高温アニーリングを行うことによって、アニーリングを段階的に実施してもよい。

再び図13を参照すると、この化合物の融点は1260℃のオーダーである。化合物Ni₃Sn₂の高い融点は、選択的レーザー焼結の状況におけるレーザー照射によっては実際に達成することができず、この方法で用いる25ワットCO₂レーザーによってはいっそう達成し得ないことを留意すべきである。本発明のこの形態の結果、低温法によって高融点材料の部品を成形することができる。従ってこの方法は選択的レーザー焼結法を適用しうる材料の範囲を拡大し、耐熱化合物、たとえば金属間化合物Ni₃Sn₂を包含する。この材料で作成された部品はポリカーボネート、プラスチックその他の低温材料で作成された部品よりはるかに熱的および機械的条件に耐えうるので、これらの部品はその部品を組み込んだ装置、および実際の最終装置に取り付けた常法により作成された部品の強度または機能性の試験などの用途に使用しうる。

図14には、本発明のこの形態による方法に用いるのに適した他の金属間化合物系、すなわちニッケルおよびアルミニウムの二元系についての相図を示す。目的とするこの系の二元金属間化合物は1638℃の融点を有するNi₃Alである。Ni₃Alは極めて高い温度に耐えることができ、一方では酸化および腐食に対する向上した強度および良好な抵抗性を維持するため、宇宙空間などにおける用途にとって魅力的な材料であることを留意すべきである。この系につき、有向エネルギービームにより照射される粉末混合物は好ましくは50%アルミニウムおよび50%ニッケル（原子%）であり、有向エネルギービームは選ばれた領域の粉末を少なくとも660℃の温度に加熱してアルミニウムを溶融させなければならない。先の例の場合と同様に、冷却する際に溶融アルミニウムはその層の目的位置において固体ニッケル粉末粒子を結合させて塊状となす；後続の各層も同様に処理されて、部品を形成する。処理後の高温アニーリングにより、極めて高い融点を有する金属間化合物Ni₃Alが生成するであろう。Ni₃Alの融点はいずれ

の前駆物質元素のものより高いことに注目すべきである。

上記方法はニッケル-アルミニウム系の他の魅力的な宇宙空間用化合物であるNi₃Alの製造にも利用しうる；この金属間化合物に用いる粉末混合物は25%アルミニウムおよび75%ニッケル（原子%）を含有するであろう。さらに、25-50%のアルミニウムを含有する粉末混合物を用いて、熱アニーリングに際して2相材料、すなわちNi₃Al-Ni₃Alを製造することができる。たとえば粉末が35%アルミニウムおよび65%ニッケル（原子%）の混合物である場合、本発明のこの形態に従って製造された部品は、平衡条件が成立した場合には2相材料Ni₃Al-Ni₃Alであろう。

高温金属間化合物を形成し、上記に述べた低温での選択的レーザー焼結による成形に適していると考えられる他の候補二元系には、下記のものが含まれる（それらに限定されない）：Al-Nd、Al-Th、Al-Ti、Al-Y、Al-Yb、Al-Zr、Bi-La、Bi-Nd、Bi-Y、Bi-Zr、Ca-Si、Co-Nb、Co-W、Fe-Ti、Gd-Pb、Gd-Ru、Ge-Hf、In-Pd、In-Pr、Mn-Si、Nb-Sn、Pd-Sn、Pd-Ti、Pd-Tl、Pd-Zr、Pr-Sn、Si-Ti、Sn-Zr、Te-Zn、Th-ZnおよびY-Zn。本発明のこの形態に適した特性を備えたセラミックス系には、La₂O₃-B₂O₃、Bi₂O₃-La₂O₃、Bi₂O₃-Nb₂O₅およびV₂O₅-Al₂O₃が含まれる。他の二元系、ならびに三元、四元およびよりいっそう複雑な金属およびセラミックス（ガラスを含む）の化合物系も、前駆物質を有向エネルギービームで照射することにより化学反応が可能となる本発明のこの形態による方法に有用であると考えられる。

さらに、有向エネルギービームによる照射に際して化合物が生成し、これにより部品の後続アニーリングの必要なしに前駆物質と異なる特性を備えた材料から部品を成形しうるものが考慮される。化学反応が起こるためには、もちろん反応速度は選択的レーザー焼結のために定められた期間内に前駆物質粉末から化合物への転化が起こりうるものであることが必要である。照射ビームに隣接する非照射部分の粉末までも溶融、焼結または他の熱による結合を受けるのは望ましくな

いのでこれにより部品の解像度 (resolution) が損なわれるであろう。有向エネルギービームが粉末の特定の位置に滞在する期間は恐らく粉末の熱伝導により制限されるであろうということを留意すべきである。

有向エネルギービームを供給する代わりに、粉末層の選ばれた部分にエネルギーを供給するための他の方法も、前記の様式で部品を成形するのに必要な溶融または反応を起こさせるのに十分であろうということを留意すべきである。たとえば粉末に近接してマスクを付与し、これを通して、光源からのエネルギーを受容すべく選ばれた部分の粉末に光線を投射することができる。粉末表面の選ばれた部分に熱エネルギーを供給するための他の方法も同様に適用しうる。

図12を参照すると、さらに他の好ましい形態においては、好ましくは材料1201が表面1200に堆積され、次いで材料1201上に焼結前に材料1203が堆積される。材料1201と1203は、異なる結合または解離温度を有することが好ましい。

操作

本発明の基本概念は部品を積層方式で形成することである。すなわち部品は複数の別個の断面領域であって、これらが累積して部品の三次元形状を構成すると考えられる。別個の断面領域それぞれは特定の二次元境界をもち、もちろん各領域が独自の境界をもつものであってもよい。

本方法においては、粉末22をターゲット領域26内に堆積させ、レーザービーム64によって選択的に焼結させて第1焼結層54を作成する(図2)。第1焼結層54は目的部品の第1断面領域に相当する。レーザービームは特定の境界領域内に堆積した粉末22のみを選択的に焼結させる。

もちろん粉末22を選択的に焼結させる別法がある。1方法は、ビームの照準を“ベクター”方式で指し向けることである。すなわち、ビームは実際に目的部品の各断面領域の輪郭および内部を掃引する。あるいはビーム64の照準を反復パターンで走査し、レーザー12を調整させる。図2においては、ラスタ走査パターン66が用いられ、これは主としてその用具の単純さにおいてベクターモードより優れている。他の可能性は、ベクター走査法とラスタ走査法を併用し、

これにより層の目的境界をベクターモードで掃引し、内部をラスタ走査モードで照射することである。もちろん選ぶ方法に伴う条件がある。たとえばラスタモードはベクターモードと比較して、ラスタビーム64のラスタパターン66の軸68、70に平行でない傾および線は近似にすぎないという点で不利である。従ってラスタパターンモードにより製造する際には、場合により部品の解像度が低下する。しかしラスタモードは用具の単純さにおいてベクターモードより有利である。

図1を参照すると、レーザービーム64の照準はターゲット領域26内で連続ラスタパターンにおいて走査される。おおまかには、駆動装置50がラスタパターン66を形成すべく検流計48、49を制御する(図2参照)。ミラー46のシフト移動がレーザービーム64の高速走査軸68の照準の移動を制御し(図2参照)、一方ミラー47の移動がレーザービーム64の低速走査軸70の照準の移動を制御する。

ビーム64の現在位置は駆動装置50を通してコンピューター40へフィードバックされる(図3参照)。後記に詳述するように、コンピューター40はその時点で形成される目的断面領域に関連する情報を保有する。すなわち自由な(lose)粉末22の一部がターゲット領域26内へ計量分配され、レーザービーム64の照準がその連続ラスタパターンで移動する。ラスタパターン66に目的間のレーザービームを選択的に生じるべく、コンピューター40がレーザー12を調整させる。こうしてレーザー12の有向ビームがターゲット領域26内の粉末を選択的に焼結させて、定められた境界を有する目的の断面領域を含む目的の焼結層を形成する。このプロセスが層毎に反復され、個々の層が互いに焼結して凝集部品、たとえば図2の部品52が製造される。

操作に際しては、粉末22中の他の材料に対比して粉末中の選ばれた材料によるエネルギー吸収がより高くなるように、レーザー12の波長を変更することができる。操作に際しては、近接した寸法許容度、構造保全性および要求される機械的挙動を含めた一ただしこれらに限定されない一特性を備えた焼結製品を製造すべくブレンドされた、被覆された、または他の組み合わせの粉末を選ぶことが

好ましい。

インターフェイスおよびソフトウェア

インターフェイスハードウェアがコンピューター40をレーザー12および検流計47、48と動作可能な状態で接続する。コンピューター40の出力ポート(図1および3参照)は、レーザー12を選択的に調整すべくレーザー12に直接に接続される。パルスモードで操作する場合、レーザー12はレーザーのパルスゲート入力へのデジタル入力によって容易に制御される。検流計48は、コンピューター40からのいかなる制御信号にも関係なく高速走査軸68にビームを駆動すべく、開閉発生器駆動装置50により駆動される。しかし検流計48からの位置フィードバック信号が図3に示すように電圧コンパレータ74へフィードされる。コンパレータへの他方の入力側は、コンピューター40のユーザーポートの最下位6ビット(least significant six bits)(ビット0-5)を指示するデジタルアナログ変換器76に接続される。図3に示すように、電圧コンパレータ74の出力側はコンピューター40のユーザーポートのフラグラインに接続される。検流計48からのフィードバック信号がデジタルアナログ変換器76からの信号と交差すると電圧コンパレータが判定した場合、フラグラインは下降し、マスクング不能な割込みを生じる。後記のように、マスクング不能な割込みはコンピューター40のユーザーポートに次バイトのデータを生じさせる。

最後に、図3に示すようにレーザービーム64の低速走査軸70の照準を駆動させる検流計49は第2のデジタルアナログ変換器78により制御される。デジタルアナログ変換器78は、高速走査軸68におけるビーム64の照準の各掃引と共に増加するカウンタ79により駆動される。この8バイトのカウンタは、高速走査軸68における256回の走査後にオーバーフローして新たなサイクルのラスタ走査パターン66を開始すべく設計されている。

好ましくは各ラスタパターン66に対する制御情報(すなわち定められた断面領域の境界)データは、製造すべき部品の全体的寸法および形状が与えられたCADシステムにより決定される。プログラムされたもの、または誘導されたもののいずれであっても、各ラスタパターン66に対する制御情報データは一連の8ビットワードとしてコンピューターメモリーに記憶される。データフォーマットは、ビーム64の照準が走行するラスタパターン66に沿った距離に対するレーザー12の“オン”および“オフ”領域のパターンを表す。データは、レーザーが調整される(すなわちオンからオフへ、またはオフからオンへ変換される)各ラスタ走査パターン66に沿った距離を表す“トグルポイント(loggle point)”フォーマットに記憶される。“ビットマップ(bit map)”フォーマットを採用しうが、トグルポイントフォーマットの方が高解像度部品の製造には有効であることが認められた。

各8ビットワードについては、最下位6ビット(ビット0-5)は次トグルポイント位置すなわちレーザー12の調整のための次の位置を表す。次ビット(ビット6)は、最下位6ビットにおいて同定されたトグルポイントの直前においてレーザーがオンまたはオフのいずれであるかを表す。最上位ビット(most significant bit)(MSBまたはビット7)は、ビーム64の照準の低速走査軸70をルーピング(looping)および制御するために用いられる。コモドル64が有するメモリーは限定されているので、ルーピングが必要であったより大きなメモリーを備えたコンピューター40にはルーピングが不必要であると解される。

図6は、データ測定プログラムに関するフローチャートを表す。このデータ測定プログラムは、フラグラインが下降してマスクング不能な割込みを引き起こした場合は常に作動する(図3参照)。この割込みは、コンピューター40のマイクロプロセッサに、プログラム制御が割込みに際して伝達されるメモリー位置を指示する2バイト割り込みベクターを検索させる。図6に示されるように、データ測定プログラムはまずレジスターを堆積物上に押しつけ、次いで次バイトのデータをアキュムレータにロードする。このデータワードはレーザー12を要

特表平7-502938 (B)

四するために用いた第6ビットによるユーザーポートへの出力でもある(図3参照)。

図6に示されるように、アキュムレーター中のデータワードの最上位ビット(MSBまたはビット7)が検査される。最上位ビットの値が1である場合、それはループの末端に達していないことを意味する;従ってデータポインターを増加させ、レジスターを堆積物から再記憶させ、そしてデータ測定プログラムをエクジクトさせ(exit)、制御を割込み位置のマイクロプロセッサに戻す。アキュムレーターの最上位ビットがゼロである場合、データワードはループの最終ワードである。データワードがループの最終ワードである場合、メモリの次ビットはループカウンタであり、後続の2バイトはループの最上位を指示するベクターである。図6から分かるように、最上位ビットがゼロである場合(ループの最後)、ループカウンタ(次ビット)を減少させ、そして分析する。ループカウンタがなおゼロより大きい場合、データポインターはループカウンタ後の次の2メモリバイトからの値をとり、レジスターは堆積物から引き離され、そしてプログラム制御は割込み位置に戻る。他方、ループカウンタがゼロである場合、データポインターは3だけ増加され、ループカウンタはプログラムからエクジクトする前に10にリセットされる。コンピューター40のメモリーサイズが適切である場合はこのようなルーピングの必要性は除かれることが分かる。

実施例

図4および5に例示部品52を示す。図面から分かるように、例示部品52は対称的でないという点で幾何の形状をとり、一般的な機械加工法により作成することは困難であろう。参考のために、部品52は内側キャビティ82およびキャビティ82内に配置された支柱(pillar)84を含む外側ベース構造80を有する(図4参照)。図5は、図1に示したターゲット領域26を定める拘束構造28内の部品52を示す。図5に示すように、若干の粉末は自由であり、一方残りの粉末は選択的に焼結されて部品52の構造を構成している。図5は部品52の焼結した断面部分を示すために、一部を取り去り、ファントム状に輪郭をとった垂直断面で示される。

る。もちろん熱伝達および材料要件は得られる許容差に実際に影響を及ぼす。

一般的な機械加工法がかなり人間の介入および判断を必要とすることは当業者には自明であろう。たとえば一般的な機械加工法、たとえばフライス削り、工具の選択、部品のセグメント化、切断順序などの決定を行うために創造力を必要とするであろう。これらの決定は、テーブ制御式フライス盤に用いる制御用テープを作成する際にいっそう重要になるであろう。これに対し、本発明の装置は製造すべき部品の各断面領域に関するデータを必要とするにすぎない。これらのデータを単にコンピューター40にプログラムしておくことができるが、コンピューター40がCAD/CAMシステムを含むことが好ましい。すなわちコンピューター40のCAD/CAM部分に製造すべき目的部品の全体的寸法および形状が与えられ、コンピューター40は部品の別個の断面領域それぞれに対する境界を決定する。従って部品の情報の膨大な一覧表を記憶し、選択的にコンピューター40へフィードすることができる。装置10は設定期間、部品固有の成形用具、または人間の介入なしに、特定の部品を製造する。粉末冶金法および一般的キャスティング法に付随する複雑かつ高価なダイが避けられる。

大量生産の実施およびある種の部品材料特性については一般的加工法を用いて行うのが最も有利であるかも知れないが、本発明の方法および装置は多くの状況において有用である。特に原型模型およびキャスティングパターンは容易かつ安価に製造される。たとえば砂型鑄造、ロストワックス鑄造その他の成形法に用いるためのキャスティングパターンを容易に作成しうる。さらに、目的量が極めて少ない場合、たとえば旧式の交換部品については、本発明の装置10を用いてそれらの交換部品を製造することには多くの利点がある。最後に、製造設備の大きさが主な拘束である場合、たとえば船上または宇宙においては、装置10の採用が有用であろう。

本発明の装置の他の修正および変更された形態は、以上の記載からみて当業者に自明であろう。従ってこの記載は説明のためのものにすぎず、当業者に本発明を実施する方法を教示するためのものである。ここに示され、記載された本発明の形態は現時点で好ましい形態であると解すべきである。部品の形状、寸法およ

図7は、図4の線7-7に沿って得た水平断面領域を示す。図7は、製造される部品の断面領域に伴う別個の層86を表す。図7の焼結層86は、図2に示した単一ラスタパターン66の生成物である。

参考のため、焼結層86を通る掃引線を"1"と表示した。図8は掃引1に際してのソフトウェアおよびハードウェアインターフェイス操作を表す。最上部のグラフは、高速軸検流計48からのフィードバック信号および第1デジタルアナログ変換器76の出力信号の位置を示す(図3と対比)。電圧コンパレータ74は、フィードバック信号と第1D/A出力信号が交差する度にコンピューター40のフラグラインへの出力信号を発生する。

図8の最上部のグラフにおいて、これらの地点はトグルポイントを表すためにTと表示される。図8の最下部のグラフから分かるように、フラグラインは各トグルポイントTに対応するマスキング不能な割込みを生じる。各データワードの第6ビットを分析すると、レーザー12の現在の状態がこの数値を反映するであろう。図8の最後から2番目のグラフは、図7の掃引線1に対するレーザー変調信号を示す。図8の2番目のグラフは、高速定軸軸68におけるレーザービーム64の照準の各掃引の終了時に最上位ビットの上昇端(high-going edge)に遭遇することを示す。図3および6に示すように、カウンタ79が上昇端において増加し、低速軸検流計49を駆動すべく第2デジタルアナログ変換器78へ信号を発する。

図面に示した例から分かるように、複雑な形状の部品を比較的簡単に製造することができる。図4に示した部品52を一般的な機械加工法により製造するのが困難であることは当業者には自明であろう。特に部品52が比較的小さいサイズのものである場合、機械工具による到達はキャビティ82および支柱84の加工をたとえ可能であるとしても製造困難なものとするであろう。

この到達の問題が避けられるほか、製造精度は一般的機械工具に見られるような機械工具の摩耗および機械部品の精度に依存しないことは自明であろう。すなわち本発明の方法および装置により製造された部品の精度および許容差は主としてエレクトロニクス、オプティクスおよび実行するソフトウェアの質の関数であ

び配列において各種の変更をなしうる。たとえば元素または材料をここに示され、記載されたものと交換し、部品を逆転させ、本発明のある特色を他の特色の採用と独立して採用することができ、これらはすべて本明細書の記載から当業者に自明であろう。

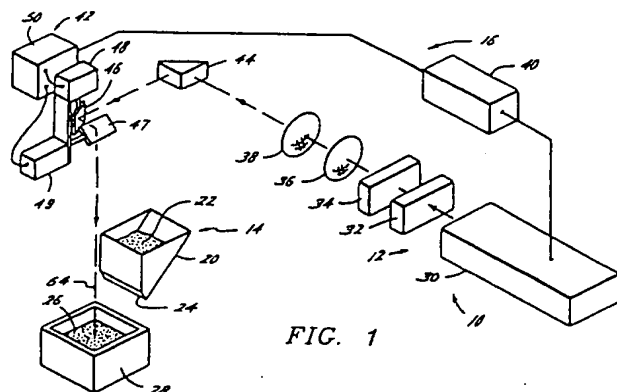


FIG. 1

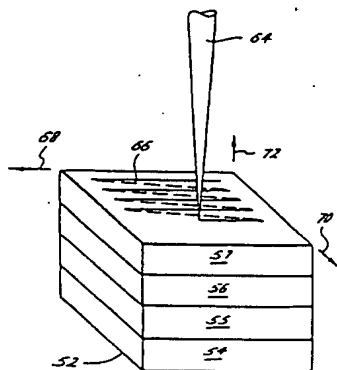


FIG. 2

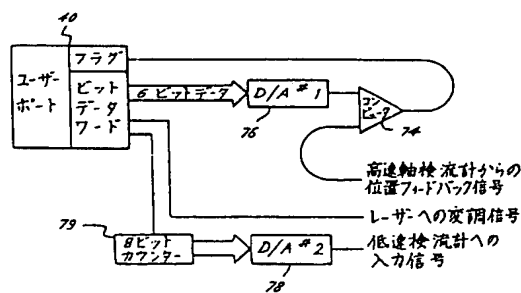


FIG. 3

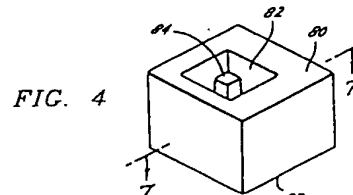


FIG. 4

FIG. 5

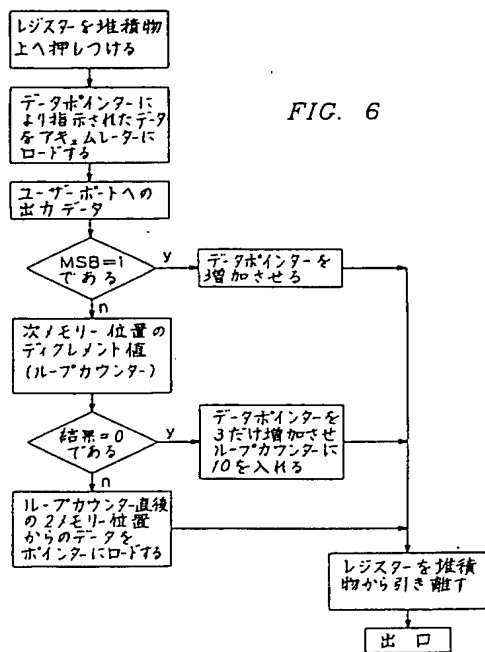
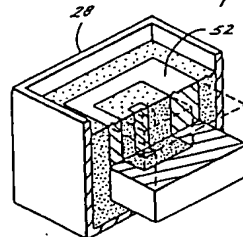


FIG. 6

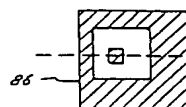


FIG. 7

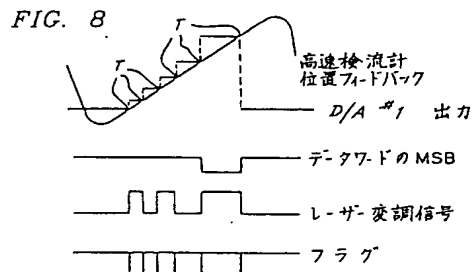
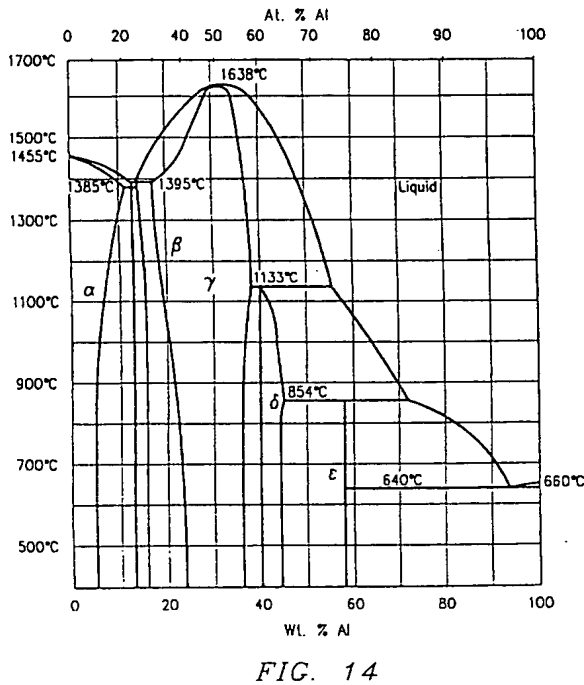
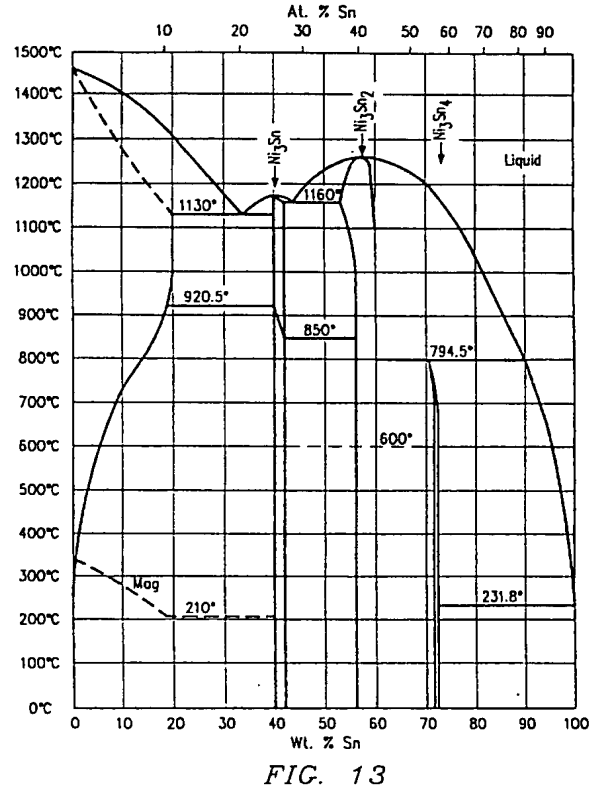
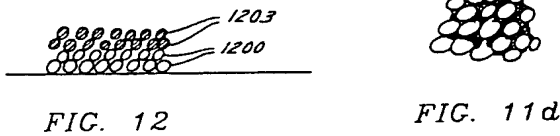
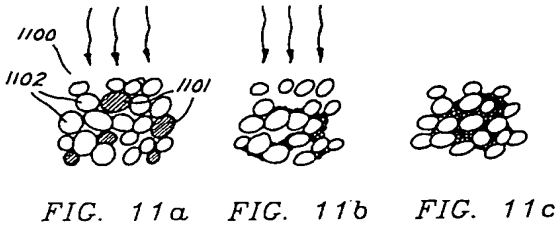
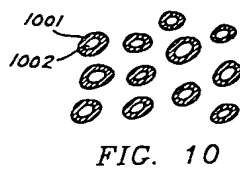
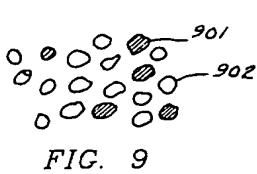


FIG. 8



国际調査報告

International A patent from No. PCT/US91/09313

1. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		International A patent from No. PCT/US91/09313	
According to International Patent Classification (IPC) or to both International Classification and IPC:			
IPC: CL(5): B27N 3/00; B32B 31/00; B23K 9/00; B29C 67/00			
US CL: 156/062.2, 272.8; 219/121.66, 121.8; 264/058, 113, 125; 428/206, 402			
2. FIELD SEARCHED			
Minimum Documentation Searched			
Classification System: U.S. 156/062.2, 089, 272.8; 219/121.66, 121.8, 121.85; 264/058, 113, 125; 428/206, 357, 361, 402, 402.2, 406, 406, 407; 425/174; 419/005, 008			
Documentation Searched other than Minimum Documentation: In the event that such documents are included in the Field Searched			
3. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of Document	Relevance to Claim No.	Relevance to Claim No.
A	US, A 4,752,352 (FEYGIN) 21 June 1988	1-24	
<p>4. CERTIFICATION</p> <p>Date of the Actual Completion of the International Search: 02 April 1992</p> <p>International Searching Authority: ISA/US</p> <p>Date of Mailing of the International Search Report: 16 APR 1992</p> <p>Signature of Authorized Official: W. A. Powell</p>			

フロントページの続き

(72)発明者 ウェイス, ウェンディー・エル
アメリカ合衆国ニューメキシコ州87801,
ソコロ, ビー・オー・ボックス 187